
IMPLEMENTASI SINGLE LAYER PERCEPTRON DALAM KLASIFIKASI KETERSEDIAAN TENAGA KESEHATAN DI PROVINSI SUMATERA UTARA

Weny Nur Afdilla Simangunsong¹, Harmayani²

Program Studi Teknik Informatika, Universitas Asahan

Email: ¹wenysimangunsong85@gmail.com, ²mayong3010@gmail.com

Abstract: *The equitable availability of health workers is an essential factor in improving the quality of healthcare services. The unequal distribution of nurses across regencies and cities in North Sumatra Province has created the need for an approach capable of identifying the level of health workforce availability quickly and objectively. This study aims to implement the Single Layer Perceptron model to classify the level of health workforce availability based on the number of nurses, population, and public health centers. The study utilized secondary data obtained from the North Sumatra Provincial Health Office for the period of 2019–2024. Prior to the training process, the data were normalized using the Min-Max Normalization method and divided into 80% training data and 20% testing data. The training process employed a learning rate of 0.1, a maximum of 3,000 epochs, and an error tolerance of 0.01. The proposed model classified the data into two categories, namely low and high, and was implemented in a web-based application that supports data training, prediction, and classification result evaluation. The results demonstrate that the Single Layer Perceptron model is capable of recognizing patterns in health workforce availability and performing classification effectively, thereby supporting decision-making processes related to the equitable distribution of health workers in North Sumatra Province. Furthermore, the developed system facilitates data management and provides computerized classification results efficiently.*

Keywords: *Single Layer Perceptron, Classification, Artificial Neural Network, Health Workforce, North Sumatra Province.*

Abstrak: Ketersediaan tenaga kesehatan yang merata merupakan faktor penting dalam meningkatkan kualitas pelayanan kesehatan. Ketimpangan distribusi tenaga perawat antar kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara menyebabkan perlunya suatu pendekatan yang mampu mengidentifikasi tingkat ketersediaan tenaga kesehatan secara cepat dan objektif. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan model Single Layer Perceptron untuk mengklasifikasikan tingkat ketersediaan tenaga kesehatan berdasarkan data jumlah perawat, jumlah penduduk, dan jumlah puskesmas. Data yang digunakan merupakan data sekunder dari Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Utara periode 2019–2024. Sebelum proses pelatihan, data dinormalisasi menggunakan metode Min-Max Normalization, kemudian dibagi menjadi 80% data latih dan 20% data uji. Proses pelatihan menggunakan learning rate sebesar 0,1, maksimum epoch sebanyak 3000, serta error tolerance sebesar 0,01. Model menghasilkan klasifikasi ke dalam dua kategori, yaitu rendah dan tinggi, serta diimplementasikan dalam aplikasi berbasis web yang mendukung proses pelatihan, prediksi, dan evaluasi hasil klasifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Single Layer Perceptron mampu mengenali pola ketersediaan tenaga kesehatan dan memberikan hasil klasifikasi secara efektif sehingga dapat mendukung proses pengambilan keputusan dalam pemerataan tenaga kesehatan di Provinsi Sumatera Utara. Implementasi sistem yang dikembangkan juga mempermudah pengelolaan data dan penyajian informasi klasifikasi secara terkomputerisasi.

Kata Kunci: *Single Layer Perceptron*, klasifikasi, jaringan saraf tiruan, tenaga kesehatan, Provinsi Sumatera Utara.

PENDAHULUAN

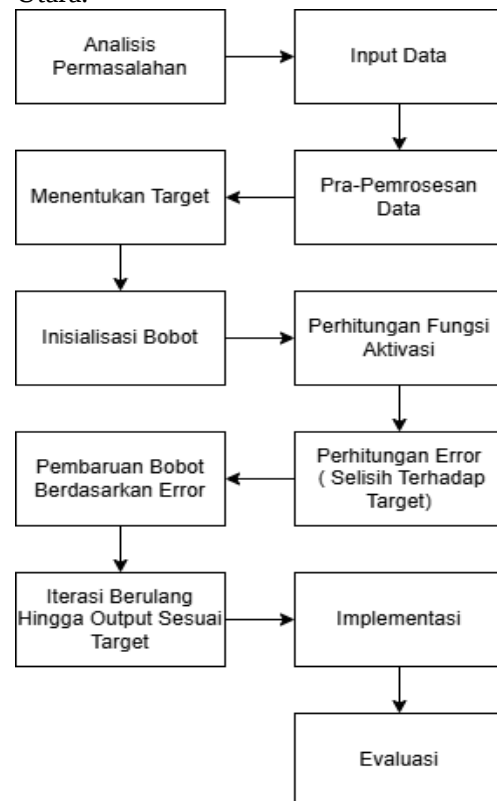
Tenaga kesehatan, khususnya perawat, merupakan komponen penting dalam penyelenggaraan pelayanan kesehatan. Pada penelitian ini, tenaga perawat yang dianalisis dibatasi pada perawat yang bertugas di puskesmas, karena puskesmas merupakan fasilitas pelayanan kesehatan tingkat pertama yang berperan langsung dalam memberikan pelayanan kepada masyarakat. Ketersediaan perawat puskesmas yang memadai dan merata menjadi salah satu faktor yang memengaruhi kualitas pelayanan kesehatan. Namun, distribusi perawat puskesmas di Provinsi Sumatera Utara masih menunjukkan ketimpangan antar kabupaten/kota sehingga berpotensi memengaruhi pemerataan pelayanan kesehatan.

Perkembangan *Artificial Neural Network* (ANN) telah banyak dimanfaatkan untuk menyelesaikan permasalahan klasifikasi, salah satunya menggunakan model *Single Layer Perceptron* (SLP). Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa metode klasifikasi mampu menghasilkan tingkat akurasi yang baik pada berbagai kasus, sedangkan penelitian mengenai tenaga kesehatan menunjukkan masih adanya ketimpangan distribusi tenaga kesehatan di berbagai wilayah. Namun, penerapan model *Single Layer Perceptron* untuk mengklasifikasikan tingkat ketersediaan perawat puskesmas pada tingkat kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara masih belum banyak dilakukan.

METODE

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengimplementasikan model *Single Layer Perceptron* untuk mengklasifikasikan tingkat ketersediaan perawat puskesmas di Provinsi Sumatera

Utara menggunakan tiga atribut, yaitu jumlah perawat puskesmas, jumlah penduduk, dan jumlah puskesmas. Sebelum proses pelatihan, data dinormalisasi menggunakan metode *Min-Max Normalization*, kemudian dibagi menjadi data latih dan data uji. Hasil klasifikasi diimplementasikan ke dalam aplikasi berbasis web yang mendukung proses pelatihan, prediksi, dan evaluasi, sehingga diharapkan dapat membantu pengolahan data serta mendukung pengambilan keputusan dalam pemerataan tenaga kesehatan di Provinsi Sumatera Utara.



Gambar 1. Kerangka Kerja

Tahapan Analisis

Tahapan analisis pada penelitian ini diawali dengan pengumpulan data sekunder yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Utara periode 2019–2024. Data yang digunakan meliputi jumlah perawat, jumlah penduduk, dan jumlah puskesmas pada

setiap kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara. Selanjutnya dilakukan proses pra-pemrosesan data menggunakan metode *Min-Max Normalization* agar seluruh atribut memiliki rentang nilai yang seragam sehingga dapat meningkatkan proses pembelajaran pada model.

Data yang telah dinormalisasi kemudian dibagi menjadi dua bagian, yaitu 80% sebagai data latih (*training data*) dan 20% sebagai data uji (*testing data*). Pada tahap pelatihan, model *Single Layer Perceptron* diinisialisasi dengan bobot awal dan bias, kemudian ditentukan parameter pelatihan berupa *learning rate* sebesar 0,1, *maximum epoch* sebanyak 3000, dan *error tolerance* sebesar 0,01.

Selanjutnya dilakukan proses perhitungan nilai masukan (*net input*) dengan mengalikan setiap atribut dengan bobotnya masing-masing dan menambahkan nilai bias. Hasil perhitungan tersebut diproses menggunakan fungsi aktivasi untuk menghasilkan kelas prediksi. Apabila hasil prediksi belum sesuai dengan target, maka dilakukan perhitungan nilai kesalahan (*error*) yang digunakan sebagai dasar pembaruan bobot dan bias. Proses pelatihan dilakukan secara berulang hingga seluruh data memenuhi kriteria penghentian, yaitu nilai kesalahan telah memenuhi batas toleransi atau jumlah epoch maksimum tercapai.

Setelah proses pelatihan selesai, model yang telah terbentuk digunakan untuk mengklasifikasikan data uji ke dalam dua kategori, yaitu rendah dan tinggi. Hasil klasifikasi selanjutnya diimplementasikan pada aplikasi berbasis web yang menyediakan fitur pengelolaan data, proses pelatihan, prediksi, serta evaluasi hasil klasifikasi untuk mendukung pengambilan keputusan terkait pemerataan tenaga kesehatan di Provinsi Sumatera Utara.

Implementasi *Single Layer Perceptron*

Analisis tingkat ketersediaan tenaga kesehatan diklasifikasikan ke dalam dua kelas keluaran (*output*), yaitu Rendah dan

Tinggi. Melalui algoritma *Single Layer Perceptron*, data yang terdiri atas jumlah perawat, jumlah penduduk, dan jumlah puskesmas terlebih dahulu dinormalisasi menggunakan metode *Min-Max Normalization*. Selanjutnya, data hasil normalisasi diproses menggunakan bobot dan bias hasil pelatihan untuk menghasilkan nilai *weighted sum* (*Z*). Nilai tersebut kemudian diproses menggunakan fungsi aktivasi sigmoid untuk menghasilkan nilai *output* pada rentang 0 sampai 1. Apabila hasil *output* belum sesuai dengan target, maka dilakukan perhitungan nilai *error* menggunakan *delta rule* sebagai dasar pembaruan bobot dan bias. Proses pelatihan dilakukan secara berulang hingga nilai *error* memenuhi batas toleransi atau jumlah epoch maksimum tercapai. Setelah diperoleh bobot dan bias optimal, model digunakan untuk mengklasifikasikan data pengujian ke dalam kategori Rendah atau Tinggi. Hasil klasifikasi selanjutnya dibandingkan dengan target aktual untuk mengevaluasi kemampuan model *Single Layer Perceptron* dalam mengklasifikasikan tingkat ketersediaan tenaga kesehatan di Provinsi Sumatera Utara.

Alat dan Evaluasi

Penelitian ini diimplementasikan dalam bentuk aplikasi berbasis web untuk mendukung proses klasifikasi tingkat ketersediaan tenaga kesehatan di Provinsi Sumatera Utara. Perangkat lunak yang digunakan meliputi Notepad++ sebagai *code editor*, PHP sebagai bahasa pemrograman, MySQL sebagai sistem manajemen basis data, serta XAMPP sebagai *web server* lokal. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang terdiri atas jumlah perawat, jumlah penduduk, dan jumlah puskesmas periode 2019–2024 yang diperoleh melalui website resmi Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Utara.

Evaluasi model dilakukan menggunakan data uji yang tidak dilibatkan dalam proses pelatihan. Data yang telah dinormalisasi diproses

menggunakan bobot dan bias hasil pelatihan untuk menghasilkan nilai *weighted sum* (Z), kemudian dihitung menggunakan fungsi aktivasi sigmoid sehingga diperoleh nilai *output*. Nilai *output* tersebut digunakan untuk menentukan hasil klasifikasi ke dalam kategori Rendah atau Tinggi. Selanjutnya, hasil klasifikasi dibandingkan dengan target aktual untuk mengetahui kemampuan model *Single Layer Perceptron* dalam mengklasifikasikan tingkat ketersediaan tenaga kesehatan. Selain itu, proses evaluasi juga dilakukan dengan mengamati konvergensi pelatihan berdasarkan jumlah *epoch* yang dibutuhkan hingga mencapai *error tolerance* yang telah ditentukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh melalui website resmi Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Utara periode 2019–2024. Data tersebut terdiri dari atribut jumlah perawat, jumlah penduduk, dan jumlah puskesmas yang digunakan sebagai variabel *input* dalam proses klasifikasi tingkat ketersediaan tenaga kesehatan. Selanjutnya, data dibagi menjadi 80% data training dan 20% data testing untuk proses pelatihan dan pengujian model *Single Layer Perceptron* (SLP).

a. Menentukan Data Atribut

Dataset pada penelitian ini menggunakan 3 atribut *input*, yaitu jumlah perawat, jumlah penduduk, dan jumlah puskesmas. Ketiga atribut tersebut digunakan sebagai variabel masukan dalam proses klasifikasi tingkat ketersediaan tenaga kesehatan di Provinsi Sumatera Utara. Adapun penjelasan atribut yang digunakan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Penjelasan Atribut

No	Atribut	Penjelasan
1	Jumlah Perawat	X1

2	Jumlah Penduduk	X2
3	Jumlah Puskesmas	X3

b. Kriteria Penentuan

Dalam penelitian ini, hasil klasifikasi dibagi menjadi dua kelas, yaitu Rendah dan Tinggi. Penggunaan dua kelas tersebut disesuaikan dengan karakteristik model *Single Layer Perceptron* (SLP) yang digunakan untuk melakukan klasifikasi biner terhadap tingkat ketersediaan tenaga kesehatan di Provinsi Sumatera Utara. Adapun kriteria klasifikasi yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Kriteria Penentuan

No	Kelas	Keterangan
1	Rendah	0
2	Tinggi	1

c. Data Training

Setelah data penelitian berhasil diperoleh, langkah selanjutnya adalah menentukan data latih (*training data*). Pada penelitian ini, data latih menggunakan data jumlah perawat, jumlah penduduk, dan jumlah puskesmas pada kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara periode 2019–2024 yang diperoleh melalui website resmi Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Utara. Data latih digunakan sebagai proses pembelajaran model *Single Layer Perceptron* (SLP) untuk memperoleh bobot dan bias optimal sebelum dilakukan proses pengujian. Adapun data latih yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Data Training

X1	X2	X3	Target
100	143319	12	0
360	447287	26	0
82	281931	16	0
416	376667	25	0
225	301789	20	0
125	183712	19	0
317	494178	15	0
232	729795	26	0
203	867922	46	0
216	284304	18	0
192	145878	19	0

293	2195709	34	0
429	1041775	30	0
782	319902	35	1
163	190186	12	0
89	48935	8	0
103	126188	12	0
139	616396	20	0
103	416493	15	0
118	281239	16	0
115	272713	17	0
193	338982	17	0
493	363816	18	0
221	137967	11	0
273	82154	8	0
107	87626	5	0
150	175223	8	0
182	265317	19	0
62	164402	9	0
511	2279894	41	0
237	276597	8	0
149	221827	10	0
130	354268	6	0
95	146672	12	0
417	472886	26	0
82	300911	16	0
416	365177	25	0
217	312758	20	0
145	206199	19	0
298	493899	15	0
323	769960	29	0
363	990246	46	0
196	308764	18	0
189	404998	19	0
249	1931441	34	0
724	1030202	30	0
782	360531	36	1
143	197751	12	0
100	52351	8	0
119	136441	12	0
100	657490	20	0
152	410678	15	0
142	260720	16	0
145	261011	17	0
197	314094	17	0
508	381994	18	0
221	147274	11	0
256	89994	8	0
106	89584	5	0
238	176027	8	0
165	268254	19	0
67	172838	9	0
525	2435252	41	0
237	291842	8	0

154	225105	10	0
131	136017	8	0
152	147794	12	0
387	478062	26	0
82	303685	16	0
413	369300	25	0
225	315222	21	0
145	208754	19	0
276	499982	15	0
320	777626	29	0
356	1003727	46	0
172	311665	18	0
181	409077	19	0
286	1941374	34	0
607	1034519	32	0
886	366163	36	1
134	199719	12	0
105	53316	8	0
84	137696	12	0
97	662076	20	0
133	413171	15	0
149	263551	16	0
148	263719	17	0
190	316798	17	0
482	385869	18	0
268	148790	11	0
254	90585	13	0
108	89932	5	0
240	177640	8	0
164	270768	19	0
75	174969	9	0
495	2460858	41	0
225	295361	8	0
148	227674	10	0
169	136707	8	0
444	149249	5	0
603	484874	23	0
175	307312	12	0
514	374734	19	0
486	318424	15	0
292	212133	15	0
713	508024	11	0
648	787681	17	0
691	1021615	46	0
318	315460	13	0
413	414429	13	0
1782	1953986	7	0
932	1039926	22	0
990	373674	28	1
263	202299	9	0
187	54609	6	0
165	139337	7	0
269	667998	13	0

273	416367	11	0
261	267275	13	0
236	267275	12	0
336	320324	8	0
680	390954	13	0
301	150780	5	0
270	91346	9	0
351	90366	5	0
341	179748	7	0
1040	274056	19	1
520	177785	9	0
6551	2494512	35	1
796	300009	6	0
369	231062	8	0
199	137583	2	0
425	386895	25	0
298	323102	21	0
123	312540	17	0
153	153658	12	0
742	1066711	32	0
194	420799	19	0
318	2018164	34	0
477	1035920	46	0
262	802563	30	0
329	513826	15	0
161	324747	18	0
145	213850	19	0
396	496975	26	0
711	382539	36	1
103	55172	8	0
119	204700	12	0
123	141333	12	0
90	682918	20	0
274	430533	15	0
177	275448	18	0
179	275648	17	0
158	330797	17	0
446	401863	18	0
302	155873	11	0
227	495334	13	0
364	2474166	41	0

d. Data Testing

Setelah data latih ditentukan, data uji digunakan untuk menguji kemampuan model *Single Layer Perceptron* dalam mengklasifikasikan tingkat ketersediaan tenaga kesehatan. Data uji disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4. Data Testing

X1	X2	X3	Target
156	274838	19	0

129	91265	5	0
211	183170	8	0
143	303272	8	0
73	178914	9	0
130	236217	10	0
251	142890	8	0
429	394910	25	0
321	326993	21	0
159	316486	17	0
153	155629	12	0
685	1076676	32	0
166	426471	19	0
272	2048480	34	0
324	1051845	46	0
245	813720	30	0
314	520545	15	0
228	330586	18	0
106	216720	19	0
411	505360	26	0
764	389957	36	1
98	56212	8	0
140	207076	12	0
105	143071	12	0
117	691638	20	0
160	437360	15	0
176	280595	18	0
170	280764	17	0
163	336577	17	0
441	408749	18	0
376	158676	11	0
227	97251	13	0
399	2486283	41	0
146	277054	19	0
143	91747	5	0
106	185647	8	0
140	307170	8	0
73	180977	9	0
140	240067	10	0
171	145233	8	0

e. Inisialisasi Bobot

Inisialisasi bobot dan bias dilakukan dengan memberikan nilai awal secara acak sebelum proses pelatihan model *Single Layer Perceptron* dimulai.

Tabel 5. Inisialisasi Bobot dan Bias Awal

Input	Bobot Awal	Nilai Awal
X1	w_1	0.333
X2	w_2	0.454
X3	w_3	-1.234
Bias	b	0.1

f. Parameter Pelatihan

Parameter pelatihan ditetapkan berdasarkan konfigurasi sistem sebagai berikut:

Tabel 6. Parameter Pelatihan

No	Nama Parameter	Nilai Penetapan
1	<i>Learning Rate</i>	0.1
2	Maksimum <i>Epoch</i>	3000
3	<i>Error Toleransi</i>	0.01

g. Normalisasi Data

Proses normalisasi data dilakukan menggunakan metode *Min-Max Normalization* berdasarkan nilai minimum dan nilai maksimum yang diperoleh dari data latih. Nilai tersebut kemudian digunakan untuk menormalisasi data latih dan data uji. Hasil perhitungan nilai minimum dan maksimum setiap atribut disajikan pada tabel berikut.

Rumus Normalisasi Min-Max adalah sebagai berikut:

$$x' = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$$

Keterangan:

- X' = Nilai Hasil Normalisasi
- X = Nilai Data Asli
- X_{min} = Nilai Terkecil dari Data Latih
- X_{max} = Nilai Tebesar dari Data Latih

Berikut merupakan perhitungan normalisasi data menggunakan metode Min-Max:

$$X' = \frac{100-62}{6,551-62} = \frac{38}{6,489} = 0,0059$$

$$X' = \frac{360-62}{6,551-62} = \frac{298}{6,489} = 0,0459$$

$$X' = \frac{82-62}{6,551-62} = \frac{20}{6,489} = 0,0031$$

Setelah dilakukan normalisasi menggunakan metode *Min-Max Normalization*, diperoleh data hasil normalisasi sebagaimana disajikan pada tabel berikut.

Tabel 7. Data Hasil Normalisasi Pelatihan

X1	X2	X3	Target
0,0059	0,0386	0,2273	0

0,0459	0,1629	0,5455	0
0,0031	0,0953	0,3182	0
0,0546	0,1340	0,5227	0
0,0251	0,1034	0,4091	0
0,0097	0,0551	0,3864	0
0,0393	0,1821	0,2955	0
0,0262	0,2784	0,5455	0
0,0217	0,3349	1,0000	0
0,0237	0,0962	0,3636	0
0,0200	0,0396	0,3864	0
0,0356	0,8778	0,7273	0
0,0566	0,4060	0,6364	0
0,1110	0,1108	0,7500	1
0,0156	0,0578	0,2273	0
0,0042	0,0000	0,1364	0
0,0063	0,0316	0,2273	0
0,0119	0,2320	0,4091	0
0,0063	0,1503	0,2955	0
0,0086	0,0950	0,3182	0
0,0082	0,0915	0,3409	0
0,0202	0,1186	0,3409	0
0,0664	0,1288	0,3636	0
0,0245	0,0364	0,2045	0
0,0325	0,0136	0,1364	0
0,0069	0,0158	0,0682	0
0,0136	0,0516	0,1364	0
0,0185	0,0885	0,3864	0
0,0000	0,0472	0,1591	0
0,0692	0,9122	0,8864	0
0,0270	0,0931	0,1364	0
0,0134	0,0707	0,1818	0
0,0105	0,1249	0,0909	0
0,0051	0,0400	0,2273	0
0,0547	0,1734	0,5455	0
0,0031	0,1030	0,3182	0
0,0546	0,1293	0,5227	0
0,0239	0,1079	0,4091	0
0,0128	0,0643	0,3864	0
0,0364	0,1819	0,2955	0
0,0402	0,2948	0,6136	0
0,0464	0,3849	1,0000	0
0,0207	0,1062	0,3636	0
0,0196	0,1456	0,3864	0
0,0288	0,7698	0,7273	0
0,1020	0,4012	0,6364	0
0,1110	0,1274	0,7727	1
0,0125	0,0609	0,2273	0
0,0059	0,0014	0,1364	0
0,0088	0,0358	0,2273	0
0,0059	0,2488	0,4091	0
0,0139	0,1479	0,2955	0
0,0123	0,0866	0,3182	0
0,0128	0,0867	0,3409	0

0,0208	0,1084	0,3409	0
0,0687	0,1362	0,3636	0
0,0245	0,0402	0,2045	0
0,0299	0,0168	0,1364	0
0,0068	0,0166	0,0682	0
0,0271	0,0520	0,1364	0
0,0159	0,0897	0,3864	0
0,0008	0,0507	0,1591	0
0,0714	0,9758	0,8864	0
0,0270	0,0993	0,1364	0
0,0142	0,0720	0,1818	0
0,0106	0,0356	0,1364	0
0,0139	0,0404	0,2273	0
0,0501	0,1755	0,5455	0
0,0031	0,1042	0,3182	0
0,0541	0,1310	0,5227	0
0,0251	0,1089	0,4318	0
0,0128	0,0654	0,3864	0
0,0330	0,1844	0,2955	0
0,0398	0,2980	0,6136	0
0,0453	0,3904	1,0000	0
0,0170	0,1074	0,3636	0
0,0183	0,1473	0,3864	0
0,0345	0,7738	0,7273	0
0,0840	0,4030	0,6818	0
0,1270	0,1297	0,7727	1
0,0111	0,0617	0,2273	0
0,0066	0,0018	0,1364	0
0,0034	0,0363	0,2273	0
0,0054	0,2507	0,4091	0
0,0109	0,1489	0,2955	0
0,0134	0,0878	0,3182	0
0,0133	0,0878	0,3409	0
0,0197	0,1095	0,3409	0
0,0647	0,1378	0,3636	0
0,0317	0,0408	0,2045	0
0,0296	0,0170	0,2500	0
0,0071	0,0168	0,0682	0
0,0274	0,0526	0,1364	0
0,0157	0,0907	0,3864	0
0,0020	0,0515	0,1591	0
0,0667	0,9862	0,8864	0
0,0251	0,1008	0,1364	0
0,0133	0,0731	0,1818	0
0,0165	0,0359	0,1364	0
0,0589	0,0410	0,0682	0
0,0834	0,1783	0,4773	0
0,0174	0,1057	0,2273	0
0,0697	0,1332	0,3864	0
0,0653	0,1102	0,2955	0
0,0354	0,0667	0,2955	0
0,1003	0,1877	0,2045	0
0,0903	0,3021	0,3409	0

0,0969	0,3977	1,0000	0
0,0395	0,1090	0,2500	0
0,0541	0,1495	0,2500	0
0,2651	0,7790	0,1136	0
0,1341	0,4052	0,4545	0
0,1430	0,1328	0,5909	1
0,0310	0,0627	0,1591	0
0,0193	0,0023	0,0909	0
0,0159	0,0370	0,1136	0
0,0319	0,2531	0,2500	0
0,0325	0,1502	0,2045	0
0,0307	0,0893	0,2500	0
0,0268	0,0893	0,2273	0
0,0422	0,1110	0,1364	0
0,0952	0,1399	0,2500	0
0,0368	0,0416	0,0682	0
0,0321	0,0173	0,1591	0
0,0445	0,0169	0,0682	0
0,0430	0,0535	0,1136	0
0,1507	0,0921	0,3864	1
0,0706	0,0527	0,1591	0
1,0000	1,0000	0,7500	1
0,1131	0,1027	0,0909	0
0,0473	0,0745	0,1364	0
0,0211	0,0362	0,0000	0
0,0559	0,1382	0,5227	0
0,0364	0,1121	0,4318	0
0,0094	0,1078	0,3409	0
0,0140	0,0428	0,2273	0
0,1048	0,4162	0,6818	0
0,0203	0,1521	0,3864	0
0,0395	0,8052	0,7273	0
0,0640	0,4036	1,0000	0
0,0308	0,3082	0,6364	0
0,0411	0,1901	0,2955	0
0,0153	0,1128	0,3636	0
0,0128	0,0674	0,3864	0
0,0515	0,1832	0,5455	0
0,1000	0,1364	0,7727	1
0,0063	0,0026	0,1364	0
0,0088	0,0637	0,2273	0
0,0094	0,0378	0,2273	0
0,0043	0,2592	0,4091	0
0,0327	0,1560	0,2955	0
0,0177	0,0926	0,3636	0
0,0180	0,0927	0,3409	0
0,0148	0,1153	0,3409	0
0,0592	0,1443	0,3636	0
0,0370	0,0437	0,2045	0
0,0254	0,1825	0,2500	0
0,0465	0,9917	0,8864	0

Tabel 8. Data Hasil Normalisasi Testing

X1	X2	X3	Target
0,0145	0,0924	0,3864	0
0,0103	0,0173	0,0682	0
0,0230	0,0549	0,1364	0
0,0125	0,1040	0,1364	0
0,0017	0,0531	0,1591	0
0,0105	0,0766	0,1818	0
0,0291	0,0384	0,1364	0
0,0566	0,1415	0,5227	0
0,0399	0,1137	0,4318	0
0,0149	0,1094	0,3409	0
0,0140	0,0436	0,2273	0
0,0960	0,4202	0,6818	0
0,0160	0,1544	0,3864	0
0,0324	0,8176	0,7273	0
0,0404	0,4101	1,0000	0
0,0282	0,3127	0,6364	0
0,0388	0,1928	0,2955	0
0,0256	0,1152	0,3636	0
0,0068	0,0686	0,3864	0
0,0538	0,1866	0,5455	0
0,1082	0,1394	0,7727	1
0,0055	0,0030	0,1364	0
0,0120	0,0647	0,2273	0
0,0066	0,0385	0,2273	0
0,0085	0,2628	0,4091	0
0,0151	0,1588	0,2955	0
0,0176	0,0947	0,3636	0
0,0166	0,0948	0,3409	0
0,0156	0,1176	0,3409	0
0,0584	0,1471	0,3636	0
0,0484	0,0449	0,2045	0
0,0254	0,0198	0,2500	0
0,0519	0,9966	0,8864	0
0,0129	0,0933	0,3864	0
0,0125	0,0175	0,0682	0
0,0068	0,0559	0,1364	0
0,0120	0,1056	0,1364	0
0,0017	0,0540	0,1591	0
0,0120	0,0782	0,1818	0
0,0168	0,0394	0,1364	0

Pengujian**Pelatihan Data Latih**

Proses pelatihan dilakukan untuk memperoleh bobot dan bias optimal. Contoh perhitungan manual disajikan sebagai berikut.

1. Perhitungan Data Latih Pertama

Pada tahap ini dilakukan proses perhitungan manual menggunakan data latih pertama yang telah melalui proses

normalisasi. Data yang digunakan terdiri dari 3 variabel input yaitu X_1 sampai X_3 dengan target klasifikasi sebesar 0 atau kategori rendah.

Adapun nilai inputan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- $X_1 = 0.0059$
- $X_2 = 0,0386$
- $X_3 = 0,2273$
- Target = 0

Bobot awal yang digunakan:

- $W_1 = 0,333$
- $W_2 = 0,454$
- $W_3 = -1,234$
- $b = 0.1$

Langkah 1: Menghitung *Weighted Sum* (Z_{in})

Rumus weighted sum yang digunakan adalah:

$$Z_{in} = (X_1 \times W_1) + (X_2 \times W_2) + (X_3 \times W_3) + b$$

Substitusi nilai:

$$Z_{in} = (0,0059 \times 0,333) + (0,0386 \times 0,454) + (0,2273 \times -1,234) + 0.1$$

$$Z_{in} = 0,0019647 + 0,0175244 - 0,2804882 + 0,1$$

$$Z_{in} = -0,1610$$

Hasil perhitungan *Weighted Sum* diperoleh sebesar

$$Z_{in} = -0,1610$$

Langkah 2: Menghitung Output Aktivasi Sigmoid

Nilai weighted sum yang telah diperoleh kemudian diproses menggunakan fungsi aktivasi sigmoid untuk menghasilkan nilai output.

Rumus fungsi sigmoid:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

Substitusi nilai:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-0.1610}}$$

$$f(x) = 0.4598$$

Karena hasil 0,4598 masih berbeda dengan target aktual 0, maka sistem melakukan proses perhitungan error untuk memperbarui bobot dan bias agar hasil prediksi pada iterasi berikutnya menjadi lebih optimal.

Langkah 3: Menghitung Error dan Delta

Proses selanjutnya adalah menghitung nilai error dan delta menggunakan turunan

fungsi sigmoid rumus delta yang digunakan:

$$\delta = (Target - f(x)) \times f(x) \times (1 - f(x))$$

Substitusi nilai:

$$\delta = (0 - 0,4598) \times 0,4598 \times (1 - 0,4598)$$

$$\delta = -0,4598 \times 0,4598 \times 0,5402$$

$$\delta = -0.1142$$

Hasil nilai delta yang diperoleh adalah:
-0.1142

Langkah 4: Pembaruan bobot dan bias

Setelah nilai delta diperoleh, maka sistem melakukan proses pembaruan bobot dan bias menggunakan *learning rate* sebesar:

$$\alpha = 0.1$$

Rumus pembaruan bobot:

$$W_i^{baru} = W_i^{lama} + (\alpha \times \delta \times X_i)$$

Rumus pembaruan bias:

$$b^{baru} = b^{lama} + (\alpha \times \delta)$$

Perhitungan bobot baru:

Bobot W_1

$$W1baru = 0.333 + (0.1 \times -0.1142 \times 0.0059)$$

$$W1baru = 0,333 + (-0,00006744)$$

$$W1baru = 0.3329$$

Bobot W_2

$$W1baru = 0,454 + (0.1 \times -0.1142 \times 0,0386)$$

$$W1baru = 0,454 + (-0,00044162)$$

$$W1baru = 0,4535$$

Bobot W_3

$$W1baru = -1.234 + (0.1 \times -0.1142 \times 0,2273)$$

$$W1baru = -1,234 + (-0,00259857)$$

$$W1baru = -1,2366$$

Bias baru

$$bbaru = 0.1 + (0.1 \times -0.1142)$$

$$bbaru = 0,1 + (-0,0114306)$$

$$bbaru = 0.0885$$

Tabel 9. Hasil Pelatihan Epoch 1

w1baru	w2baru	w3baru	bbaru
0,332933	0,453559	-1,2366	0,088578
0,332524	0,45211	-1,24145	0,079681
0,332491	0,451098	-1,24483	0,069063
0,332008	0,449912	-1,24945	0,060214
0,331765	0,448912	-1,25341	0,050542
0,331672	0,448383	-1,25712	0,040944
0,331245	0,446402	-1,26033	0,030064
0,331017	0,443984	-1,26507	0,02138
0,330914	0,442393	-1,26982	0,016629
0,330685	0,441462	-1,27334	0,006946
0,330501	0,441098	-1,27689	-0,00223
0,330194	0,433526	-1,28316	-0,01085
0,329749	0,430335	-1,28816	-0,01871

0,331371	0,431954	-1,27721	-0,0041
0,331204	0,431337	-1,27963	-0,01477
0,331157	0,431337	-1,28116	-0,026
0,331092	0,431009	-1,28353	-0,0364
0,330982	0,428874	-1,28729	-0,04559
0,33092	0,427378	-1,29023	-0,05555
0,330838	0,426479	-1,29324	-0,06502
0,330763	0,425642	-1,29636	-0,07416
0,330577	0,424552	-1,29949	-0,08335
0,329978	0,423389	-1,30278	-0,09238
0,329729	0,42302	-1,30485	-0,10252
0,329383	0,422875	-1,30631	-0,11319
0,329305	0,422698	-1,30707	-0,12438
0,329161	0,422152	-1,30851	-0,13496
0,329011	0,421433	-1,31165	-0,14309
0,329011	0,420953	-1,31327	-0,15325
0,328605	0,415599	-1,31847	-0,15912
0,328322	0,414625	-1,3199	-0,16959
0,328191	0,41393	-1,32169	-0,17942
0,328077	0,412579	-1,32267	-0,19024
0,328031	0,412215	-1,32473	-0,19932
0,32768	0,411105	-1,32823	-0,20572
0,327655	0,410258	-1,33084	-0,21394
0,327308	0,409436	-1,33417	-0,22203
0,327134	0,408654	-1,33713	-0,22756
0,327042	0,408187	-1,33994	-0,23481
0,326731	0,406635	-1,34246	-0,24334
0,326501	0,404951	-1,34596	-0,24905
0,326361	0,403783	-1,349	-0,25209
0,326207	0,402996	-1,35169	-0,2595
0,326065	0,401943	-1,35449	-0,26673
0,325901	0,39754	-1,35865	-0,27245
0,325325	0,395275	-1,36224	-0,2781
0,326821	0,396993	-1,35182	-0,26461
0,326715	0,396473	-1,35376	-0,27315
0,32666	0,39646	-1,35502	-0,28237
0,326587	0,396162	-1,35691	-0,29068
0,326546	0,394415	-1,35978	-0,2977
0,326437	0,393257	-1,3621	-0,30553
0,326346	0,39262	-1,36444	-0,31288
0,326256	0,392008	-1,36684	-0,31995
0,326109	0,391239	-1,36926	-0,32703
0,325628	0,390286	-1,3718	-0,33403
0,325428	0,389958	-1,37348	-0,34221
0,325165	0,38981	-1,37467	-0,35098
0,325102	0,389655	-1,37531	-0,36034
0,324865	0,389201	-1,3765	-0,36907
0,324766	0,388644	-1,3789	-0,37528
0,32476	0,388224	-1,38022	-0,38358
0,324468	0,384232	-1,38385	-0,38767
0,324234	0,383373	-1,38503	-0,39631
0,324121	0,382798	-1,38648	-0,4043
0,324033	0,382503	-1,38761	-0,41258
0,323932	0,382208	-1,38927	-0,41988
0,323696	0,381381	-1,39184	-0,42459
0,323676	0,38071	-1,39389	-0,43104
0,32342	0,380091	-1,39636	-0,43576
0,323286	0,379508	-1,39867	-0,44112

0,323214	0,379142	-1,40083	-0,44671
0,32299	0,377893	-1,40283	-0,45348
0,322824	0,376648	-1,4054	-0,45766
0,322733	0,375862	-1,40741	-0,45968
0,322635	0,375242	-1,40951	-0,46544
0,322532	0,374415	-1,41168	-0,47106
0,322389	0,371216	-1,41468	-0,4752
0,322071	0,369689	-1,41727	-0,47898
0,32363	0,371281	-1,40778	-0,46671
0,323553	0,370854	-1,40935	-0,47363
0,323503	0,370841	-1,4104	-0,48126
0,32348	0,370597	-1,41192	-0,48798
0,323451	0,369224	-1,41416	-0,49345
0,323382	0,368292	-1,41601	-0,49971
0,323304	0,367779	-1,41787	-0,50556
0,32323	0,367287	-1,41978	-0,51116
0,323119	0,366672	-1,4217	-0,51677
0,322761	0,36591	-1,42371	-0,5223
0,322548	0,365636	-1,42508	-0,52902
0,322366	0,365532	-1,42662	-0,53516
0,32231	0,365399	-1,42716	-0,54309
0,32211	0,365016	-1,42815	-0,55037
0,322034	0,364572	-1,43004	-0,55527
0,32202	0,364217	-1,43114	-0,56216
0,321825	0,361333	-1,43373	-0,56508
0,321643	0,360604	-1,43472	-0,57232
0,321555	0,36012	-1,43592	-0,57894
0,321441	0,359871	-1,43687	-0,58588
0,320985	0,359554	-1,43739	-0,59361
0,320637	0,358809	-1,43939	-0,59779
0,320531	0,358168	-1,44077	-0,60385
0,320201	0,357537	-1,4426	-0,60859
0,319846	0,356937	-1,44421	-0,61404
0,31966	0,356586	-1,44576	-0,61929
0,319006	0,355363	-1,44709	-0,62581
0,318519	0,353733	-1,44893	-0,6312
0,318378	0,353155	-1,45038	-0,63266
0,318155	0,35254	-1,45179	-0,6383
0,317845	0,351683	-1,45323	-0,64403
0,315392	0,344477	-1,45428	-0,65328
0,31479	0,342656	-1,45632	-0,65778
0,31659	0,344328	-1,44888	-0,64519
0,316394	0,343931	-1,44989	-0,65151
0,316262	0,343916	-1,45051	-0,65831
0,316157	0,343672	-1,45126	-0,66491
0,315975	0,34222	-1,45269	-0,67064
0,315783	0,341334	-1,4539	-0,67654
0,31562	0,340862	-1,45522	-0,68183
0,315474	0,340374	-1,45646	-0,68729
0,315205	0,339666	-1,45733	-0,69367
0,31469	0,338908	-1,45868	-0,69908
0,314438	0,338625	-1,45915	-0,70591
0,314252	0,338524	-1,46007	-0,7117
0,313955	0,338411	-1,46053	-0,71839
0,313685	0,338076	-1,46124	-0,72466
0,315739	0,339331	-1,45597	-0,71103
0,315321	0,339019	-1,45692	-0,71695
0,329173	0,352871	-1,44653	-0,7031

0,328391	0,352162	-1,44715	-0,71001
0,328099	0,351702	-1,448	-0,71618
0,327943	0,351434	-1,448	-0,72357
0,327771	0,351009	-1,44961	-0,72665
0,32764	0,350605	-1,45116	-0,73024
0,327601	0,350152	-1,45259	-0,73445
0,327531	0,349938	-1,45373	-0,73946
0,327266	0,348886	-1,45545	-0,74198
0,327187	0,348296	-1,45695	-0,74587
0,327082	0,346143	-1,4589	-0,74854
0,327007	0,345676	-1,46006	-0,7497
0,326931	0,34491	-1,46164	-0,75218
0,32674	0,344027	-1,46301	-0,75683
0,32668	0,343589	-1,46442	-0,76071
0,326634	0,343346	-1,46582	-0,76432
0,326491	0,342836	-1,46734	-0,7671
0,327523	0,344243	-1,45936	-0,75679
0,327487	0,344228	-1,46013	-0,76238
0,327445	0,343919	-1,46123	-0,76724
0,3274	0,343738	-1,46232	-0,77201
0,327384	0,342778	-1,46383	-0,77572
0,327239	0,342087	-1,46514	-0,78014
0,327173	0,341742	-1,46649	-0,78387
0,327103	0,341383	-1,46782	-0,78774
0,327046	0,340935	-1,46914	-0,79163
0,32682	0,340384	-1,47053	-0,79545
0,32664	0,340172	-1,47152	-0,80031
0,326521	0,339315	-1,4727	-0,805
0,326435	0,337489	-1,47433	-0,80684

Pembaruan bobot dilakukan secara berulang pada setiap data hingga seluruh data selesai diproses dalam satu *epoch*. Proses pelatihan diulangi sampai mencapai batas *error tolerance* atau *maximum epoch* yang telah ditentukan.

Pengujian

Setelah proses pelatihan selesai, diperoleh bobot dan bias optimal yang digunakan sebagai parameter akhir model. Nilai tersebut disajikan pada tabel berikut.

$$w_1 = 14,7764$$

$$w_2 = -12,2691$$

$$w_3 = 6,8647$$

$$\text{bias} = -4,42498$$

Masukkan baris pertama pada data pengujian yang telah dinormlisasi dengan rincian:

$$X_1 = 0,0145$$

$$X_2 = 0,0924$$

$$X_3 = 0,3864$$

Target aktual: 0

Langkah 1: Menghitung sinyal masuk (*Weighted Sum*)

Rumus yang digunakan:

$$Z = \sum(xi \times wi) + b$$

Substitusi:

$$Z_{in} = (0,0145 \times 14,7764) + (0,0924 \times -12,2691) + (0,3864 \times 6.8647) + -4,4249$$

$$Z_{in} = 0,21425780 - 1,13366484 + 2,65251912 - 4,4249$$

$$Z_{in} = -2,68988$$

Nilai Z didapatkan dengan mengkalikan setiap nilai input dengan bobotnya masing-masing, kemudian menjumlahkannya dengan bias.

Langkah 2: Menghitung fungsi aktivasi sigmoid:

Sinyal masuk (z) dipetakan kedalam fungsi sigmoid untuk mendapatkan nilai probabilitas (rentang 0 hingga 1).

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$

Substitusi:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-(-2,68988)}}$$

Karena negatif bertemu dengan negatif menjadi positif:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{2,68988}}$$

$$f(x) = \frac{1}{1 + 14,7301}$$

$$f(x) = \frac{1}{15,7301}$$

$$f(x) = 0,0635$$

Langkah 3: Pengambilan Keputusan (*Threshold*):

Sistem menggunakan ambang batas (*threshold*) sebesar 0.5 untuk menentukan kelas akhir.

- Jika $f(x) \geq 0.5$, maka diklasifikasikan ke kelas 1 (Mencapai Target)
- Jika $f(x) < 0.5$, maka diklasifikasikan ke kelas 0 (Tidak Mencapai Target)

Karena nilai probabilitas $0.0635 < 0.5$ maka sistem memutuskan bahwa data tersebut masuk kedalam kelas 0 (Rendah). Hasil ini dinyatakan benar karena sangat sesuai dengan nilai target actual yang ada pada dataset.

Tabel 10. Data Hasil Pengujian

1	0.0145	0.0924	0.3864	0.0000	0.0636	-0.0636	Benar
2	0.0103	0.0173	0.0682	0.0000	0.0178	-0.0178	Benar
3	0.0230	0.0549	0.1364	0.0000	0.0215	-0.0215	Benar
4	0.0125	0.1040	0.1364	0.0000	0.0102	-0.0102	Benar
5	0.0017	0.0531	0.1591	0.0000	0.0188	-0.0188	Benar
6	0.0105	0.0766	0.1818	0.0000	0.0187	-0.0187	Benar
7	0.0291	0.0384	0.1364	0.0000	0.0286	-0.0286	Benar
8	0.0566	0.1415	0.5227	0.0000	0.1499	-0.1499	Benar
9	0.0399	0.1137	0.4318	0.0000	0.0941	-0.0941	Benar
10	0.0149	0.1094	0.3409	0.0000	0.0390	-0.0390	Benar
11	0.0140	0.0436	0.2273	0.0000	0.0396	-0.0396	Benar
12	0.0960	0.4202	0.6818	0.0000	0.0297	-0.0297	Benar
13	0.0160	0.1544	0.3864	0.0000	0.0314	-0.0314	Benar
14	0.0324	0.8176	0.7273	0.0000	0.0001	-0.0001	Benar
15	0.0404	0.4101	1.0000	0.0000	0.1193	-0.1193	Benar
16	0.0282	0.3127	0.6364	0.0000	0.0299	-0.0299	Benar
17	0.0388	0.1928	0.2955	0.0000	0.0150	-0.0150	Benar
18	0.0256	0.1152	0.3636	0.0000	0.0492	-0.0492	Benar
19	0.0068	0.0686	0.3864	0.0000	0.0750	-0.0750	Benar
20	0.0538	0.1866	0.5455	0.0000	0.1020	-0.1020	Benar
21	0.1082	0.1394	0.7727	1.0000	0.6829	0.3171	Benar
22	0.0055	0.0030	0.1364	0.0000	0.0311	-0.0311	Benar
23	0.0120	0.0647	0.2273	0.0000	0.0300	-0.0300	Benar

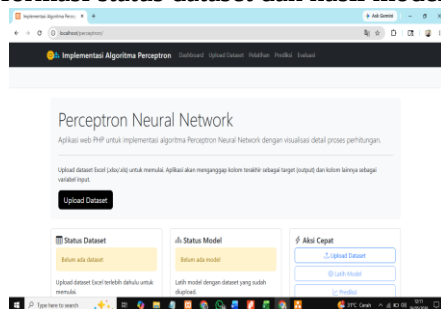
24	0.0066	0.0385	0.2273	0.0000	0.0378	-0.0378	Benar
25	0.0085	0.2628	0.4091	0.0000	0.0089	-0.0089	Benar
26	0.0151	0.1588	0.2955	0.0000	0.0160	-0.0160	Benar
27	0.0176	0.0947	0.3636	0.0000	0.0558	-0.0558	Benar
28	0.0166	0.0948	0.3409	0.0000	0.0474	-0.0474	Benar
29	0.0156	0.1176	0.3409	0.0000	0.0357	-0.0357	Benar
30	0.0584	0.1471	0.3636	0.0000	0.0537	-0.0537	Benar
31	0.0484	0.0449	0.2045	0.0000	0.0545	-0.0545	Benar
32	0.0254	0.0198	0.2500	0.0000	0.0710	-0.0710	Benar
33	0.0519	0.9966	0.8864	0.0000	0.0001	-0.0001	Benar
34	0.0129	0.0933	0.3864	0.0000	0.0616	-0.0616	Benar
35	0.0125	0.0175	0.0682	0.0000	0.0183	-0.0183	Benar
36	0.0068	0.0559	0.1364	0.0000	0.0168	-0.0168	Benar
37	0.0120	0.1056	0.1364	0.0000	0.0099	-0.0099	Benar
38	0.0017	0.0540	0.1591	0.0000	0.0186	-0.0186	Benar
39	0.0120	0.0782	0.1818	0.0000	0.0188	-0.0188	Benar
40	0.0168	0.0394	0.1364	0.0000	0.0237	-0.0237	Benar

PEMBAHASAN

Dalam menjalankan sistem yang penulis, berikut langkah-langkah yang harus dilaksanakan:

Halaman Dashboard

Menu Dashboard merupakan halaman utama sistem yang menyediakan akses ke fitur Upload Dataset, Pelatihan Model, Prediksi, dan Evaluasi, serta menampilkan informasi status dataset dan hasil model.

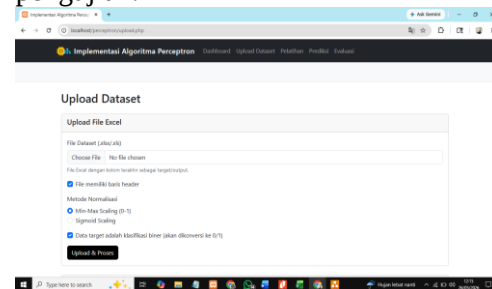


Gambar 3. Halaman Dashboard

Halaman Upload

Menu Upload Dataset digunakan untuk mengunggah dataset berformat Excel (.xlsx atau .xls) ke dalam sistem. Setelah proses unggah dilakukan, sistem membaca data, melakukan normalisasi menggunakan metode *Min-Max Normalization*, dan menyimpan hasilnya sebagai data pelatihan dan

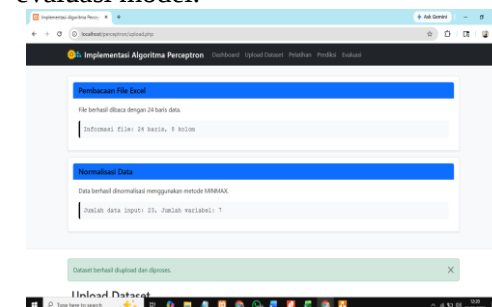
pengujian.



Gambar 4. Halaman Upload

Halaman Pelatihan

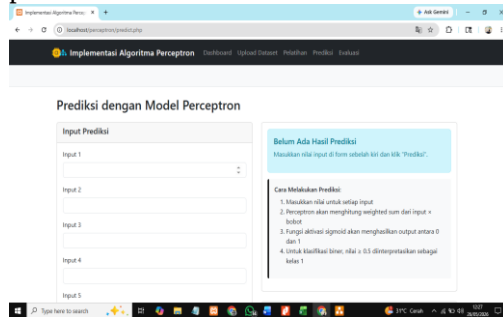
Menu Pelatihan digunakan untuk menjalankan proses pelatihan model *Single Layer Perceptron*. Pada halaman ini, pengguna mengatur parameter pelatihan, kemudian sistem melakukan pembaruan bobot dan bias hingga memenuhi kriteria pelatihan. Hasil pelatihan berupa bobot dan bias akhir serta grafik *error* ditampilkan sebagai evaluasi model.



Gambar 5. Halaman Pelatihan

Halaman Prediksi

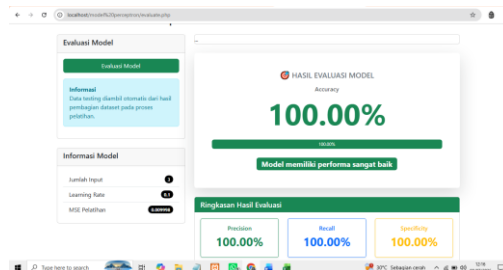
Menu Prediksi digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat ketersediaan tenaga kesehatan menggunakan model *Single Layer Perceptron* yang telah dilatih. Pengguna memasukkan tiga variabel *input*, kemudian sistem menghasilkan hasil klasifikasi berupa kategori Tinggi (1) atau Rendah (0) berdasarkan bobot dan bias hasil pelatihan.



Gambar 6. Halaman Prediksi

Halaman Evaluasi

Menu Evaluasi Model digunakan untuk mengukur kinerja model *Single Layer Perceptron* dalam mengklasifikasikan tingkat ketersediaan tenaga kesehatan. Hasil evaluasi ditampilkan dalam bentuk nilai akurasi, *error*, dan *confusion matrix*.



Gambar 5. Halaman Evaluasi

SIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan model *Single Layer Perceptron* untuk mengklasifikasikan tingkat ketersediaan tenaga kesehatan di Provinsi Sumatera Utara ke dalam dua kategori, yaitu Rendah dan Tinggi. Proses klasifikasi dilakukan melalui tahapan normalisasi

data menggunakan metode *Min-Max Normalization*, pelatihan model, dan pengujian menggunakan data jumlah perawat, jumlah penduduk, serta jumlah puskesmas periode 2019–2024. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *Single Layer Perceptron* dapat mengenali pola data dan diimplementasikan dengan baik pada aplikasi berbasis web yang mendukung proses pengelolaan data, pelatihan, prediksi, dan evaluasi hasil klasifikasi. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dapat menjadi alternatif dalam mendukung pengambilan keputusan terkait pemerataan tenaga kesehatan di Provinsi Sumatera Utara.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggi, S. S. (2022). *Analisis Ketersediaan Tenaga Perawat Di Instalasi Rawat Jalan Rumah Sakit Universitas Brawijaya Anggi Satria Siburian*. 7(4), 148–155.
- Ahmad Apandia, S. I. M. I. (2023). *Pembuatan Website Penjualan Toko Baju Biazra-Store Menggunakan Php Dan Mysql*. 2(3), 80–91.
- Aneu. (2022). *Sistem Informasi Geografis Trayek Angkutan Umum Di Kota Tasikmalaya Berbasis Web*. 10(2), 125–134.
- Anggi, S. S. (2022). *Analisis Ketersediaan Tenaga Perawat Di Instalasi Rawat Jalan Rumah Sakit Universitas Brawijaya Anggi Satria Siburian*. 7(4), 148–155.
- Anindita, M. (2024). *Kualitas Kehidupan Kerja Tenaga Kesehatan Pada Organisasi Pelayanan Kesehatan*. 3(1), 324–334.
- Inggi, R., Alam, H. P., Studi, P., & Informasi, S. (2023). *Analisis Forensik Web Browser*. 8(1), 215–220.
- Kirena, D. (2022). *Analisa Beban Kerja Perawat Terhadap Kebutuhan Perawat Di Rsud. Salak Kabupaten Pakpak Bharat Provinsi Sumatera Utara Tahun 2021*. 3(2), 47–59.
- Kurniawansyah, K. (2025). *Pelatihan*

-
- Pengelolaan Database Menggunakan Xampp Untuk Meningkatkan Keterampilan Mahasiswa Di Universitas Muhammadiyah Jambi.*
- Lady Agustin Fitriana, S. S. (2023). *Penerapan Metode Saw Dalam Analisa Perbandingan Performa Web Server (Apache , Nginx , Lighttpd , Iis) Pada Bahasa Pemrograman Php.* 7, 409–420.
- Limanjaya. (2025). *Prediksi Angka Inflasi Di Kota Surabaya Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Dengan Metode Backpropagation.* 7(April), 1–10.
- Nurlina, D., Harahap, L. S., Essiva, K., & Silalahi, S. (2025). *Klasifikasi Lemon Dan Lime Menggunakan Single Layer Perceptron Berdasarkan Ciri Fisik.* 1(2), 12–21.
- Ujiana, S., & Hastuti, L. (2024). *Pengaruh Supervisi Klinis Keperawatan Terhadap Kinerja Perawat Pelaksana : A Literature Review.* 15(01), 13–19.
- Utomo, S. M. (2026). *Sistem Informasi Geografis Persebaran Tenaga Kesehatan Kota Yogyakarta Tahun 2024 Sistem Informasi Geografis Persebaran Tenaga Kesehatan Kota Yogyakarta Tahun 2024.* 3(1), 599–608.